



KENU PORBÓL ÉS VÍZBŐL

Az építészmérnöki kar betonkenuja 2014-ben

Tudományos diákköri dolgozat.

Írta: **Kulik Benedek**

Konzulensek: **Dr. Sajtos István; Gáspár Orsolya**

Tartalomjegyzék

Tömörítvény	2
Abstract	2
Bevezetés.....	3
A betonhajózás története.....	4
A verseny szabályai.....	4
A tervezés és építés	5
Előző évi tapasztalatok	5
Zsaluzási technológia.....	6
A forma	8
Betonösszetétel	10
Betonozási technológia	14
A verseny	15
Tapasztalatok.....	16
Köszönetnyilvánítás.....	16
Irodalomjegyzék	16

Tömörítvény

Idén második alkalommal képviseltette magát a BME Építészmérnöki Kara a III. Magyar MAPEI Betonkenu Kupán, a Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék szervezésével összeállt Úsztatott aljzat 2.0 nevű csapattal. A dolgozat bemutatja a kenu megszületésének folyamatát a tervezőasztaltól a versenyig. Az előző évi tapasztalatainkat felhasználva teljesen új kenu építettünk. A tervezés során összegyűjtöttük a készítendő hajó szempontjait, és minden szempontnak próbáltunk minél tökéletesebben megfelelni. A dolgozat részletesen foglalkozik a tervezés fázisaival, a formatervezéssel, a beton összetételével, a hajó kivitelezésével és a versenyen gyűjtött tapasztalatokkal. Különösen nagy hangsúlyt fektettünk az egyedi formatervezésre és a legmegfelelőbb betonösszetétel megtalálására. A dolgozat végén összegzésre kerül, hogy miben fejlődött az idei kenu az előzőhöz képest, illetve, hogy a jövőben mit tudunk még tovább fejleszteni. Mindezt a saját, és a versenytársak kenujának vizsgálatával, összehasonlításával tesszük.

Abstract

The Department of Mechanics, Materials and Structures of the BUTE Faculty of Architecture participated this summer for the second time in the Hungarian MAPEI Concrete Canoe Championship. Our team was named Úsztatott aljzat 2.0. This paper describes how the canoe was born, following the process from the very beginning to the competition. Considering our experiences from last year, we wanted to design and build a completely different and more advanced canoe. During the design phase, we tried to create the most perfect boat we could. We searched for the best shape, and the lightest possible version of it. The present study describes in detail the phases of design (with special emphasis on the form-finding process and material studies), construction and the competition, followed by a short section of conclusion: what we did better than last year, and what we should do better next time.

Bevezetés

Harmadik alkalommal került megrendezésre hazánkban az országos betonkenu kupa. A versenyen egyetemek, cement- és betongyárak valamint építőipari cégek vehetnek részt. A csapatok a saját maguk által tervezett és kivitelezett ferrocement hajókkal versenyeznek. A III.



1. kép Úsztatott Aljzat 2.0

MAPEI Magyar Betonkenu Kupa névre keresztelt versenyen a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszéke által szervezett csapat a második alkalommal vett részt. Csapatunk az „Úsztatott Aljzat 2.0” nevet viselte.

A tavalyi kenuépítés tapasztalatait felhasználva vágtunk bele az idei munkába. A csapatalakítás időben megtörtént, felvázoltuk a megoldandó problémákat.

Célunk a lehető legtökéletesebb hajó megalkotása volt, jó helyezésre vágytunk, amit el is értünk. Csapatunk első helyen végzett, megnyerte az „Aranybeton-díjat”.

A dolgozatban a kenu megszületésének folyamatát mutatom be, részletesen kitérve a formatervezésre, és a betonösszetételére.

A végleges hajónk adatai:

- **Súly: 93 kg**
- **Hossz: 5000 mm**
- **Maximális szélesség: 640 mm**
- **Falvastagság: 4-12 mm**
- **Versenyzők száma: 2**



2. kép A kenu használat közben

A betonhajózás története

Az első acél erősítésű hajót a francia Joseph Louis Lambot készítette 1848-ban. Ez a hajó ma a Brignoles Museumban található. Ez az időpont a betonhajó időszerűsítés kezdete. Bár a technológia soha nem terjedt el igazán, de egyszerű kivitelezhetősége miatt manapság is készülnek betonból csónakok, ladikok, különösen a fejlődő országokban. Ipari mértékben többnyire nyersanyag- és/vagy pénzhiány motiválta a betonhajók építését, erre példa az Amerikai Egyesült Államok 12 darab első, és 24 darab második világháborús betonhajója. A technológiának vannak építészeti alkalmazásai: Pier Luigi Nervi (1891-1979) olasz építész tervezett acélháló erősítésű beton héjszerkezeteket. A módszer



3. kép A Norfolk Scope



4. kép A világháborús betonhajók ma

innovációja az volt, hogy a szerkezetek zsaluzatát készítette ferrocementből, és a zsaluzatok benne maradtak a szerkezetben. Egyik, ilyen technikával kivitelezett épülete a Norfolk Scope (1968-71), egy sportcentrum City of Norfolkban.

Betonkenu versenyeket az USA-ban az 1970-es évektől rendeznek. Onnan terjedt el a világ többi tájára, a betontechnológiával foglalkozó cégek támogatásával. A versenyek célja az innováció, a beton alkalmazáskörének a szélesítése. Európában először Svédországban rendeztek betonkenu versenyt 1981-ben. Hazánkba ez a típusú verseny 2012-ben jutott el.

A betonhajók ferrocementből készülnek. A ferrocement portland cement kötőanyagú, homok adalékanyagú, acélháló erősítésű vékony (5-30 mm-es) betonszerkezet. Előnye, hogy olcsó, könnyen készíthető és jól formálható.

A verseny szabályai

- A betonkenu betonjához azok a cementek használhatók, amelyek megfelelnek az EN 197-1:2000 európai szabványnak. A betonkenu betonjához a minimális cementtartalom 250 kg/m^3 .
- A betonkenu építése során bármilyen adalékanyag és adalékszer felhasználható.
- Felhasználhatók cement kiegészítő anyagok, pl.: granulált kohósalak, pernye, puccolán (trassz), őrölt mészkő, mikroszilika, metakaolin.
- A betonkenu megépítéséhez bármilyen anyagból készült hálót, szövetet, betétet lehet használni, azonban a betonkenu tilos merev vázra építeni.
- Összefüggő vízzáró anyag/lemez/réteg nem alkalmazható.

- A betonkenut kívül-belül, beton kell hogy borítsa. Ennek értelmében, minden betétet betonnak kell bevonnia.
- Minden anyag, ami nem része a betonkeveréknek, betétnek minősül. Ez alól kivételt képeznek az ülő, illetve térdelő alkalmatlóságok, illetve a betonkenu szélén elhelyezett „koptató/védő” anyag.
- A betonkenu külső felületét a vízvonal felett maximum 70%-ban, a vízvonal alatt maximum 25%-ban szabad reklám/csapatnév elhelyezése céljából befesteni.
- A betonkenu hossza 400-600 cm, szélessége pedig 60-100 cm közé kell, hogy essen.

A zsűri az alábbi szempontok alapján értékelt:

- A futamokon elért helyezés
- A hajó kialakításának ötletessége
- Az építést bemutató prezentáció

A tervezés és építés

Előző évi tapasztalatok

A tavalyi projekt során a csapat a low-tech megoldásokat részesítette előnyben, mert mindössze egy hónap alatt kellett a tervezés kezdetétől a kész hajóig jutni. Ezalatt az idő alatt a betonnak is meg kellett kötni. Ezt a helyzetet elkerülendő, idén korábban alakítottuk meg a csapatot.

A hajó megvalósítását az előző hajó építésekor szerzett tapasztalatok elemzésével kezdtük.

Zsalu: tavaly belső oldali EPS habból készült zsaluzatot használtunk, aminek sok előnye volt, többek között a gyors kivitelezés, egyszerű betonozás. Egyetlen, de nagy hátránya (durva felület a víz felőli oldalon) miatt végül ezt elvetettük, és külső oldali zsaluzat mellett döntöttünk. Ezt részletesen tárgyalja a dolgozat a „Zsaluzási technológia” címszó alatt.

Forma: Az időhiány okozta kényszerből tavaly egy indiánkenu másolatát építettük meg. Erre a formára a stabilitása miatt esett a választás. Idén egy áramvonalasabb forma megvalósítására törekedtünk, hogy fokozzuk a hajó sebességét.

Anyag: Elvetettük a mikroszálak használatát, mert az a kenu „szőrösségét” eredményezte, ami jelentősen növelte a közegellenállását, és ez a hajó nagymértékű lassulását okozta.

Technológia: Kiemelt célunk volt a hajó súlyának, ezzel a tehetetlenségének a csökkentése. Tavaly csirkehálót használtunk, idén mindenképpen könnyebb anyagból készült hálóerősítést szerettünk volna használni, így üvegszál rabichálóval erősítettük a betont. Ugyancsak súlycsökkentés céljából módosítottuk a betonozási technikát, amely együtt járt a beton összetételének megváltoztatásával is. Bár a mostani kenu 16 kg-mal nehezebb az előzőnél, folyóméterre számolt átlagos súlya 65 dkg-mal csökkent.

	HAJÓ SÚLYA	HAJÓ HOSSZ	ÁTLAG SÚLY MÉTERENKÉNT
ÚSZTATOTT ALJZAT 2013	77 kg	4 m	19.25 kg
ÚSZTATOTT ALJZAT 2.0 2014	93 kg	5 m	18.60 kg

Zsaluzási technológia

Sok kérdést vetett fel a zsaluzat. Többek között a következő szempontoknak kellett eleget tenni:

Egyszerű építés, a hibalehetőségek korlátozása érdekében;

Le lehessen választani róla a betont;

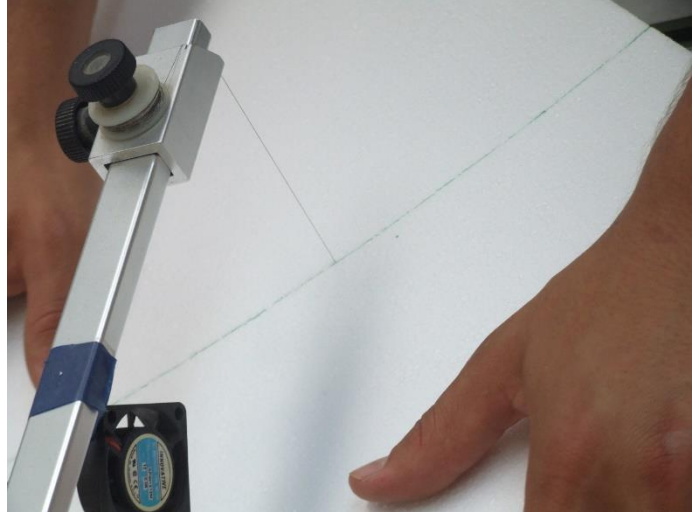
Sima felületet létrehozása;

Kétszer görbült felület létrehozásának a lehetősége.

Mivel idén volt elég rendelkezésre álló idő, a munkaigényesebb külső zsaluzat használata mellett döntöttünk, mert ezzel lehetett a megfelelően sima külső felületet létrehozni. A tervezés kiindulási pontjául az előző évi zsaluzat szolgált. Az elsődleges ötlet az anyagra maradt az EPS homlokzati hőszigetelő tábla. Ezen felül még felmerült egy fából készült zsaluzat megépítésének a lehetősége is.

A fa zsaluzatot úgy képzeltük, hogy 30 centiméterenként elhelyezünk egy OSB lapból, vagy rétegelt ragasztott lemezből készült bordát, amelybe bevágjuk a hajó megfelelő metszetét, majd a bordaközoeket vékony HDF lemezzel béleljük. Az illesztéseknél kialakult éleket az asztalosiparból ismert mestertapasszal simítottuk volna el. Ennek a módszernek előnye a sima felület, és a gyors kivitelezés. Azonban a hátrányai (anyagbeszerzés, megmunkálás nehézsége, pénzügyi korlátok) miatt ezt a zsaluzási módszert elvetettük, és maradtunk az EPS hab használatánál.

A polisztirol hab zsaluzatnak számos előnye van. Ennek azonban ára van: munkaigényes. A módszer az, hogy 5 cm vastag lapokból kivágjuk a hajó formáját, majd a lapokat (esetükben 102 darabot) egymás mellé teszünk, és ez kiadja a hajótest alakját. A metszeteket úgy rögzítettük egymáshoz, hogy a hajó két végén elhelyeztünk egy-egy palló darabot, majd drótokkal összekötöttük őket. A metszetek oldalirányú elmozdulását ugyanezzel a módszerrel akadályoztuk meg, csak a hosszabbik oldalra került a palló, és gurnival kötöttük össze. Ilyenkor a formában még megmaradnak az egymást követő



5. kép Metszetek kivágása és sorba állítása

metszetek méretváltozásaiból adódó „lépcsők”. Ezeket a metszetek összezsírozásával tüntettük el.

Problémát jelentett az EPS zsaluzatnál a beton leválasztása. Tavaly erre a célra geo textíliát használtunk, amely lehetővé tette, hogy a hajó leváljon a zsaluzatról, ám a textil nem vált le a hajóról, szóval új megoldást kellett keresni. Felmerült a gipsz, vagy a hozzá nagyon hasonló műmárvány használata. A műmárvány (gipsz+csontenyv) nagyobb gyakorlatot igénylő előállítás és megmunkálása, valamint a nehezebb beszerezhetősége miatt az előbbi mellett



7. kép A próbazsalu gipszezése



6. kép Próbazsalu csiszolása

maradtunk. Készítettünk is egy próba zsaluzatot, hogy letesztelhessük valóban leválasztható-

e a beton. A biztonság kedvéért zsaluleválasztó olajt is használtunk. A modell visszaigazolta a reményeinket, a beton nagyon szépen eltávolítható volt a gipszről.

A végső zsaluzat építéskor szembesültünk a modellező gipsz két olyan tulajdonságával, amely a próbazsalu esetében nem okozott nehézséget. Ez a folyékony állag, és a rendkívül gyors szilárdulás. Azért okoztak gondot, mert a nagyméretű hajó miatt nem tudtuk egyenletesen felhordani a hab felületére a gipszet, így csiszolással sem javítható egyenetlen felületet kaptunk. Erre a glettgipsz megoldást jelentett, aminek a szilárdulási ideje jelentősen hosszabb, ezáltal egyben be tudtuk kenni a formát. A viszkozitása is kedvezőbb volt, kellően sima felületet tudtunk létrehozni, amely gépi és kézi csiszolás után felülmúlta várakozásainkat.



8. kép Az elkészült zsaluzat

A forma

Talán az egyik legösszetettebb megoldandó feladatunk volt a hajó formájának a kérdése. Egy teljesen egyedi tervezésű hajó megépítését tűztük ki célul. Mivel a csapatunk nem profi kenusokból állt, a hajó stabilitása kulcsfontosságú szempont volt. A stabilitást elsősorban a hajótest szélesítésével lehet növelni, azonban ettől megnő a haladási irányra merőleges felület, amely nagyobb közegellenállást eredményez. Ez lassítja a hajót, amit szerettünk volna elkerülni. Olyan megoldást kerestünk, ami lehetővé teszi egy minimális szélességű, ugyanakkor stabil hajó megépítését. Összesen öt különböző terv készült, három típusú hajóról. A három típus: domború-, sík-, homorú fenekű kenu.

Először egy sík fenekű hajó ötlete merült föl. Az így kapott keresztmetszet geometriája kedvező a stabilitás szempontjából. A hajó sebességét azonban csökkenti. A vízzel érintkező felület nagyobb, mint ha egy henger – vagy azt közelítő – felületet nézünk. Ez megnöveli a felületi súrlódást, és lassítja a kenut. A sík felületrész ezen túlmenően a rendkívül vékony ferrocement konstrukcióval nem összeegyeztethető. A víz felületre merőleges nyomása, valamint a versenyzők súlya hajlítást okozott volna a betonlemezben. Ettől a beton bereped, elveszti a vízzáróságát, és a hajó lassan süllyedni kezd.

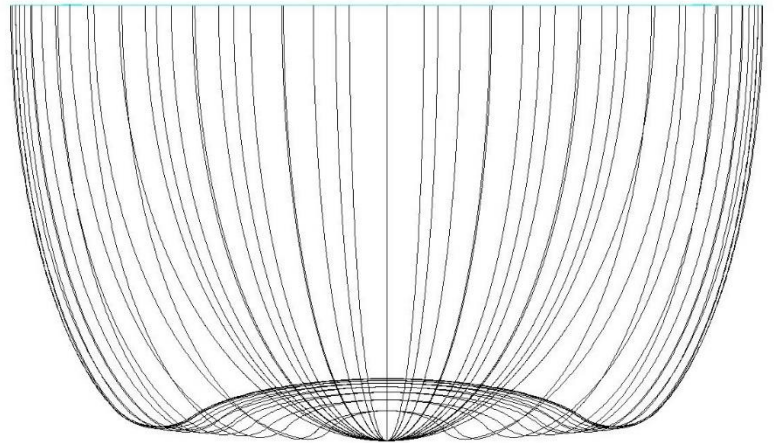
A domború fenekű, azaz inflexió pont nélküli keresztmetszetű hajó a legoptimálisabb, ha a gyorsaság a cél. Ilyenek a versenyzés céljára épített kajakok és kenuk. Kevés a vízzel érintkező felület és áramvonalas forma kialakítását teszi lehetővé. Hátránya, hogy nagyon labilis. Az egyetlen mód a stabilitás növelésére, hogy szélesítjük a hajótestet. Ahhoz, hogy jelentős stabilitást érjünk el, túlságosan széles hajót kellett volna építeni, amit a

súlycsökkentés érdekében rövidítettünk volna. Egy ilyen zömök forma nem elég gyors, ezért elvetettük.

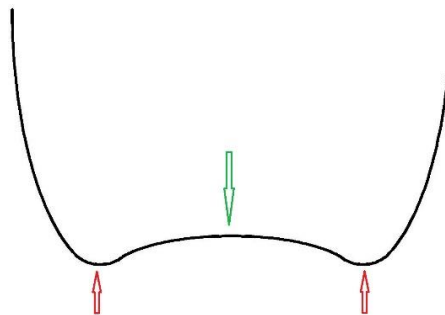
Végül egy szokatlan megoldást választottunk. Olyan forma, amely stabil, nem okoz húzást a betonban, és megőrzi a hajó karcsúságát. A kenu fenekét homorúra alakítottuk ki.

Ez a forma egy nagyon kedvező kompromisszum volt a gyors és a stabil hajó között. Minimalizálni tudtuk a szélességet, úgy, hogy mégsem lett borulékony a kenu. A hajó legmélyebben vízbe merülő pontjai távolabb kerültek a súlyvonalától, arra szimmetrikusan párban.

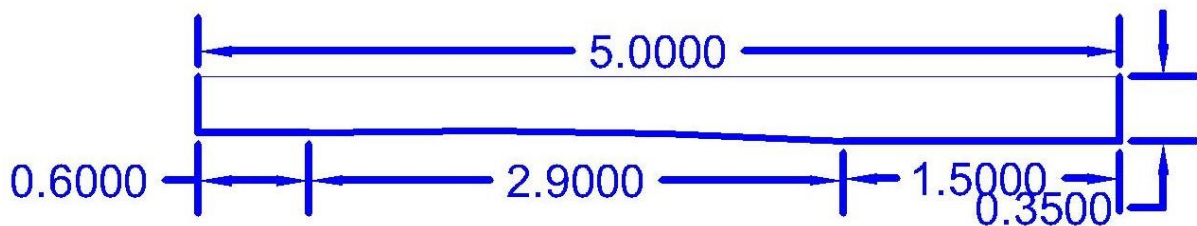
A kiszorított víz felhajtóereje ezeken a pontokon a legnagyobb. Ilyen módon egy keresztmetszet két ponton van alátámasztva, a keresztmetszet súlypontjára szimmetrikusan. Ez magyarázza ennek a formának a kedvező stabilitását. Továbbá, mivel a kialakult homorú fenék erőjátéka egy kupola erőjátékához hasonló, terhelés hatására nyomás alakul ki a lemezben, amit a beton jól képes felvenni és nem reped meg.



1. ábra A hajó metszetei



2. ábra Egy metszet erőjátéka



3. ábra A kenu hosszmetsete

A kedvezőbb orrkialakítás miatt a homorú rész nem fut végig a hajótesten. Az orrtól 150 centiméterre kezdődik, és 290 centiméter hosszú. A farrészen ismét megszűnik.



9. kép A kenu orra a kiszaluzáskor

eleendő a hajó alá került víz szabad áramlásához.

A far megfelelő kialakítása ugyancsak nagyon fontos a sebesség szempontjából, mert az ott keletkező örvények lassíthatják a kenut. A versenyhajók mintájára formáltuk a kenu farát, amely így az orrhoz hasonló hegyes szög. Ennél is jelentősebb volt a fenék megfelelő kialakítása. Ha a homorú szakasz vége egy szinten van az orral, akkor az oda került víz nem tud szabadon áramlani, és a hajóval együtt mozogna, ez nagy többletellenállást okoz. Ez indokolta, hogy a kenu hossz tengelyén vett metszeten az orr és a far nincs egy szintben. Az eltérés 5 cm, ami

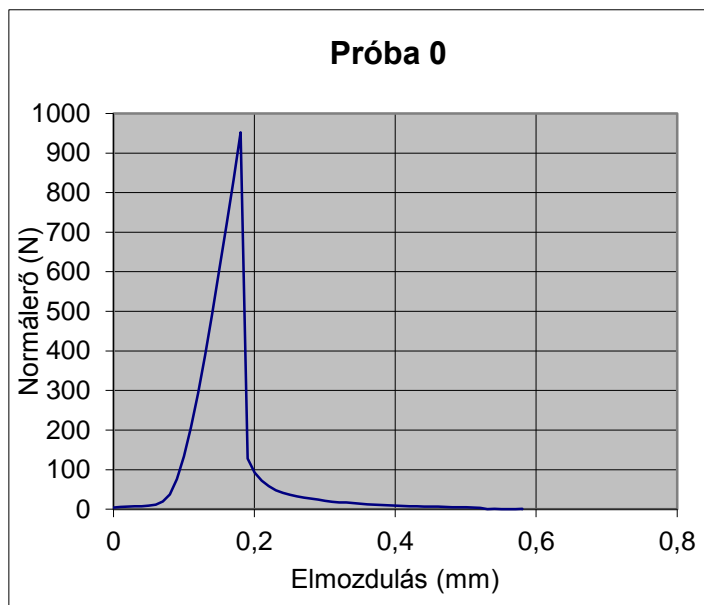
Betonösszetétel

A formához hasonlóan, a beton összetétele is sok fejtörést okozott. A beton alapvetően egy porózus anyag, amely nem vízhatlan, főleg kis falvastagság esetén. Feladatunk az volt, hogy egy nagy szilárdságú, nagy tömörségű betont keverjünk a verseny szabályait betartva

A betonkenu esetében a hajó anyaga ferrocement, vagyis magas cementtartalmú, háló erősítésű beton. A magas cementtartalomra azért van szükség, mert az adalékanyag homok, amelynek a kisebb szemméret miatt nagyobb tapadási felülete van.

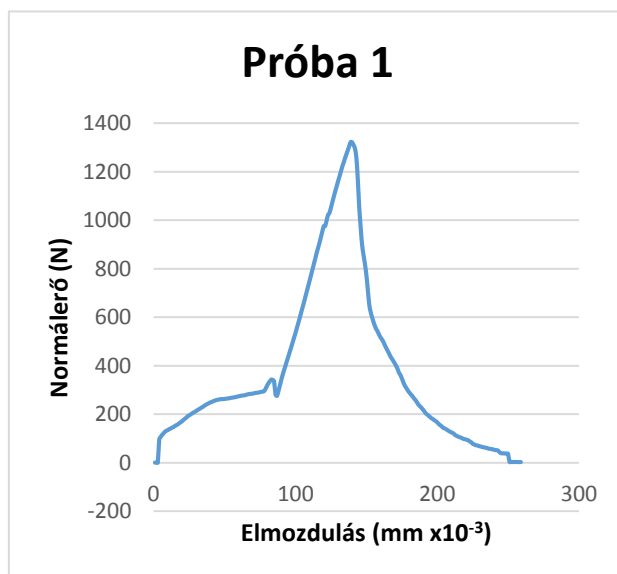
A tervezés korai szakaszában meghatároztuk, hogy milyen összetevőket használunk a betonhoz: cement, homok, víz, szilikapor, folyósító. A szilikapor hozzáadására azért volt szükség, hogy eltömítsük a pórusokat, ezzel fokozzuk a beton vízzáróságát. A végleges arányokat hosszas kísérletezés és tesztelés után határoztuk meg. Az anyagjellemzőkön túl a bedolgozhatóság is kiemelt szempont volt, így a keveréket a betonozási technológiával, sőt a választott betéttel összeegyeztetve kellett kialakítani. Az anyagjellemzők vizsgálatára szabványos, 40x40x160 mm-es próbatesteket készítettünk a keverékekből, valamint egy, a hajlítást vizsgáló gépünkre méretezett (245x115 mm) hálóerősítést is tartalmazó betonlapot is. Utóbbira azért volt szükség, mert a beton duktilitása nő, ha a szerkezet vastagsága csökken. Ezt szerettük volna megvizsgálni.

Először 12 próbatestet készítettünk. Összetételük kis mértékben tért el egymástól. Egy hetesen törtük el a rudakat, a legnagyobb szilárdsági értéket produkáló betont fejlesztettük tovább. Ennek a keveréknek az erő – elmozdulás diagramja látható:

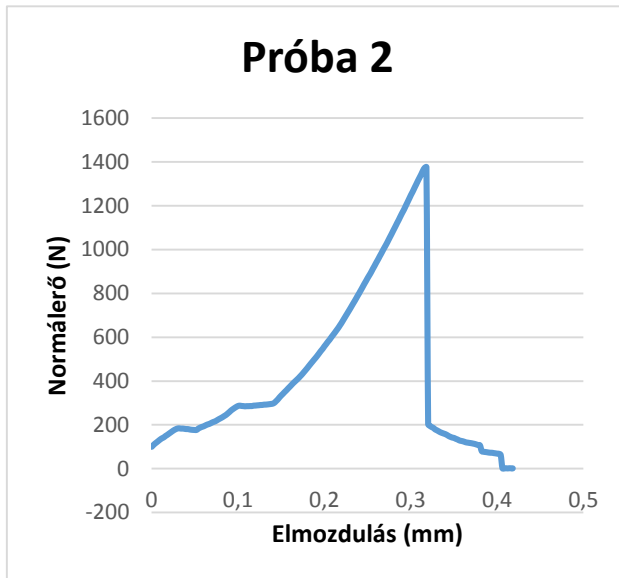


<i>Próba 0</i>	%
<i>Cement</i>	34.88
<i>Szilikapor</i>	5.65
<i>Adalékanyag</i>	47.03
<i>Víz</i>	12.44
<i>Folyósító</i>	0.00

A „Próba 0” keveréket finomítottuk tovább addig, ameddig elértük a betonozási technológiához optimális viszkozitást. Lejebb a recept „behangelésának” állomásaiból készült próbatestek hajlításra történő erő - elmozdulás diagramjai láthatók.



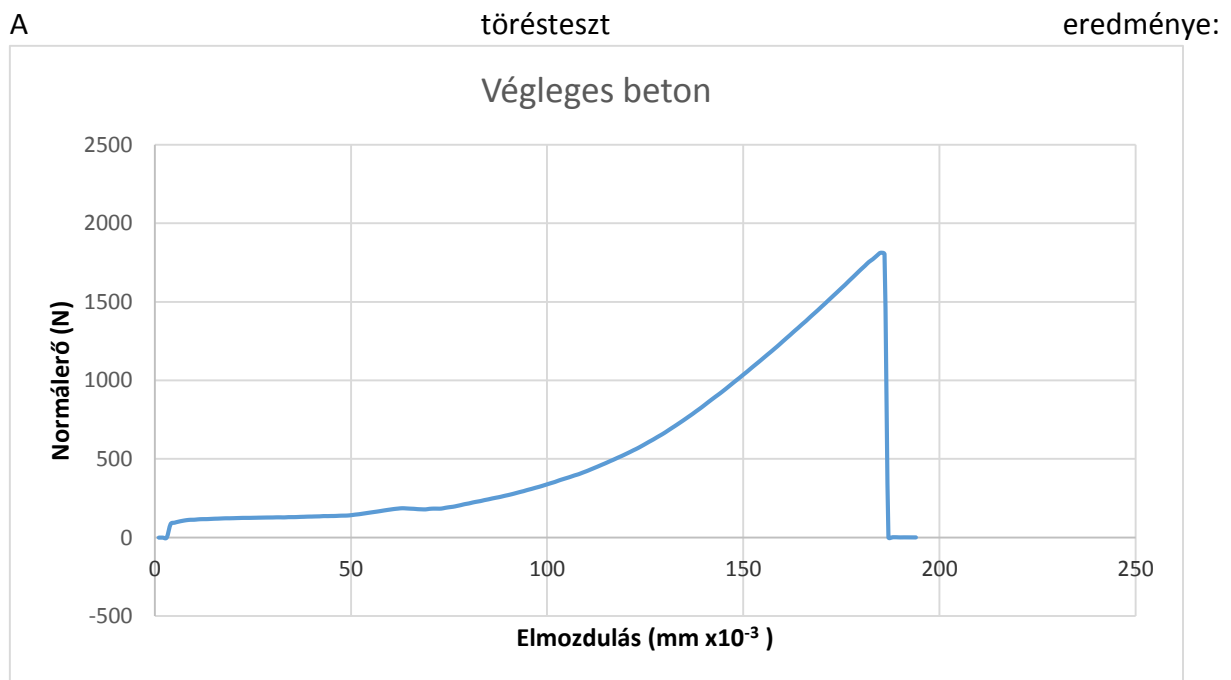
<i>Próba 1</i>	%
<i>Cement</i>	34.73
<i>Szilikapor</i>	4.34
<i>Adalékanyag</i>	50.08
<i>Víz</i>	10.85
<i>Folyósító</i>	0.00



Próba 2	%
Cement	33.84
Szilikapor	4.24
Adalékanyag	48.96
Víz	12.22
Folyósító	0.74

Az 1-es és 2-es próbatesteket három hónaposan törtük el, már a verseny után. A végleges beton receptjének meghatározásához elsősorban a viszkozitást vettük figyelembe, a szilárdságot meg tudtuk becsülni az építés előtt eltört próbatestekről. A recept a következő:

	50 L (g)	0.94 L (g)	%
Cement	39905.80	750.25	33.85
Szilikapor	5000.00	94.00	4.24
Adalékanyag	57711.00	1085.00	48.96
Víz	14095.00	265.00	11.96
Folyósító	1170.00	22.00	0.99

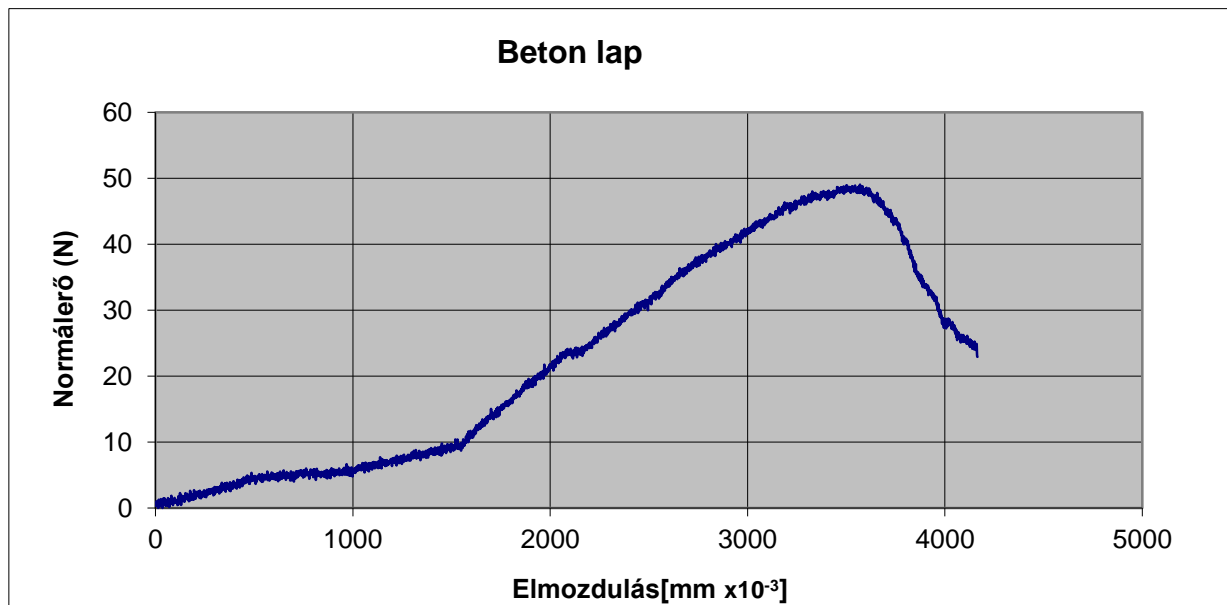


4. ábra A végleges beton erő - elmozdulás diagramja

1813 N normálerő hatására tört el a próbatest. Ez a korai próbatesteknél mért erőnél jóval több. Ennek oka a hosszabb kötési idő, és a jobb bedolgozhatóság. A diagramon látszik, hogy a végleges beton teljesen rideg. Hajóépítés szempontjából ez azonban nem jelent hátrányt. Egy duktilisabb betonnal előfordulhat, hogy szilárdság szempontjából ugyan nem megy tönkre, de megreped, ezzel azonnal megszűnik a vízzáró tulajdonsága, ami a hajó süllyedését idézi elő. A végleges betonkeverékből készítettünk hálóerősített lemezt, amelynek vastagsága megegyezik a kenu falvastagságával. A törésteszt eredménye:



10. kép Hajlítás vizsgálat



A lemezvastagságból adódó duktilitás növekedés jól látható. 3,5 mm lehajlásnál, 48 N hatására érte el a határterhelését. A próbalemez vastagsága 3 mm volt. A megépült hajó falvastagsága is így lett tervezve, de egyel több betonréteg alkalmazása miatt ennél vastagabb lett. A plusz réteget az indokolta, hogy a duktilitás jelen esetben hátrány. Ezen felül az alakváltozás minimalizálását a hajó kétszer görbült felületei is segítik.

Szilikaport kevertünk a betonba, hogy ezzel csökkentsük a porozitást. A szilikaport, vagy más néven mikroszilikát egy szilícium-tetraoxid tartalmú amorf ásvány. Az ebből készített por szemnagysága nagyon kicsi, átlagosan 0.1 – 0.3 μm . Ez két nagyságrenddel kisebb, mint a cement szemnagysága, ezért alkalmas arra, hogy elzárja a pórusokat, és vízzáróvá tegye a betont. A próbatesteken végzett látszólagos porozitás vizsgálat megmutatta, hogy a szilikaport tartalmazó beton teljesen vízzáró, nem szívott föl látható, vagy mérleggel mérhető mennyiségű vizet.

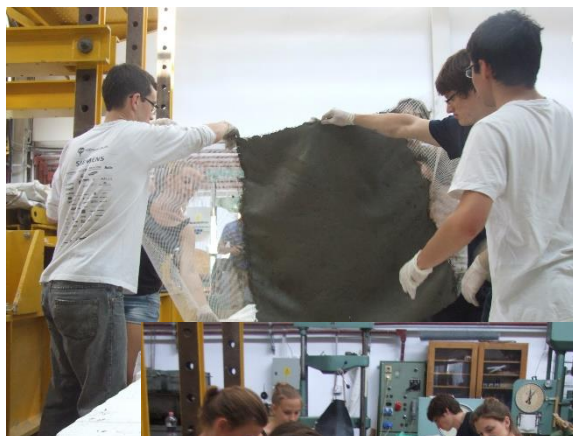
Felszívott vízszlop (mm)	0 (perc)	20	40	60	80	100
Próba 1	0	0	0	0	0	0
Próba 2	0	0	0	0	0	0
Végleges beton	0	0	0	0	0	0
Súly (g)						
Próba 1	261	261	261	261	261	261
Próba 2	265	265	265	265	265	265
Végleges beton	311	311	311	311	311	311



11. kép Látszólagos porozitás vizsgálat

Betonzási technológia

Célunk volt a hajó falvastagságának a minimalizálása. A betonzás alapötlete az volt, hogy a hálóerősítésre felhordjuk a betont, majd az így kialakult „takarókat” belesimítjuk a formába. Mivel a háló szálai csak két irányban tudták merevíteni a betont, legalább két réteget kellett alkalmaznunk a szálirányok 45° elforgatásával. Végül 3 réteget fektettünk be a formába, félve, hogy a túl kicsi falvastagság miatt elreped a beton.



Két dologra kellett különös figyelmet fordítani: a beton viszkozitása és az összehangolt, gyors munka, a rétegek összedolgozhatósága érdekében. A beton állaga kifogástalan volt, mivel az összetétel meghatározásánál a megfelelő viszkozitás kiemelt szempont volt, és jól sikerült a keverék. Hátránya volt azonban, hogy gyorsan kötött, de ez fennakadást nem okozott, mert gyorsan tudtunk dolgozni.



12. kép A kenu építése

A módszer hibája csak utólag derült ki. A beton lassan lefolyt a hajó fenekébe, és így ott túlzottan nagy lett a falvastagság, míg a kenu peremén elvékonyodott. Jelentős problémát nem okozott, de következő alkalommal szeretnénk elkerülni ezt, hogy egy egységes falvastagságú, még könnyebb hajót tudjunk építeni.

A verseny

A versenyre 2014.06.20-án került sor Ráckeven, a Savoyai kastély területén. 7 csapat nevezett és indult. A verseny végeredménye:

1. BME Építésmérnöki Kar Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék Úsztatott Aljzat 2.0
2. MAPEI
3. Széchenyi István Egyetem – Győr
4. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék – Navis Caementicia
5. Kolozsvári Egyetem
6. Frissbeton
7. SW Umwelttechnik Alacsony Vízcement Tényező



13. kép A díjátadás

A hajónk a 3. legkönnyebb hajó volt a mezőnyben a Frissbeton és a BME Építőanyagok tanszék csapata mögött.

1. Frissbeton 59 kg
2. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék – Navis Caementicia 91 kg
8. BME Építésmérnöki kar Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék Úsztatott Aljzat 2.0 93 kg

Figyelemre méltó a Frissbeton 59 kilogrammos hajója. Betonozási technikájuk lehetővé tette, hogy különösen kicsi falvastagságú kenu építsenek. A verseny közben kiderült, hogy túlzottan vékonyra sikerült a hajó fala, ugyanis a hajótest hosszában végigrepedt.

A verseny a csapatok prezentációjával kezdődött, amiben bemutatták hajójuk építésének folyamatát. Ezt követte a mérlegelés, majd a futamok. Három futamot rendeztek, két férfit, valamint egy nőt. Csapatunk kétszer másodikként ért célba, egyszer harmadikként.

Tapasztalatok

Az egész projekt alapjául az előző évi tapasztalatok szolgáltak. Minden probléma megoldása a tavalyi példa elemzésével kezdődött. Az idei munka merőben más volt, mint a tavalyi. Hosszas gondolkodás, rajzolás, kísérletezés eredménye az elkészült hajó. Rengeteget fejlődött a kenu is, és a csapat tudása is. Jövőre újra összeállunk, hogy kijavítsuk az idei hibákat, és továbbfejlesszük azt, ami jól sikerült.

A zsaluzási technológián nem változtattunk sokat, de annál fontosabb módosítások történtek. Bebizonyosodott, hogy a külső oldali zsaluzat használata előnyösebb, valamint a gipszbevonat készítése a habra is hasznos fejlesztésnek bizonyult. Óriásit fejlődött a hajónk formája. Egy egyedi formát terveztünk, amely megfelelt a mi igényeinknek, és az építőanyagból adódó kihívásoknak is. A beton vízzárósága és szilárdsága is figyelemreméltó fejlődésen ment keresztül. Az idén alkalmazott építési technológiánk nem hibátlan, de tökéletes kiindulási alap a további hajóépítési technológiák fejlesztéséhez. A koncepció alapvetően jó, a kivitelezési nehézségeket kell még leküzdeni. Jövőre célunk egy még könnyebb, vékonyabb falú hajó létrehozása, hogy súlynövekedés nélkül elérhessük a formailag kedvező 6 méteres hosszt.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a csapattagok kitartó részvételét, Tanáraink és konzulenseink közreműködését, Juhász Károly Péter laborvezető tanácsait, és a beton vizsgálatához nyújtott támogatását. Köszönjük Sebestyén Ottónak és Óvári Vilmosnak a segítséget, a SZEBETON Zrt-nek a hajó szállítását, és egyéb segítséget, a Festoolnak a szerszámokat, az EMET anyagi támogatását, a Szitakörnek a pólok elkészítését.

A csapat tagjai voltak: *Ábrahám Tamás, Bereczki Dávid, Csapó Anna Viktória, Fehérvári Tekla, Jánossy Dóra, Jung Renáta, Kalmár Csaba Bence, Karádi Dániel Tamás, Kiss Benedek, Kovács Lili, Kulik Benedek, Muzsnai Zsófia, Öcsi Gabriella, Salát Zsófia, Vizi Kata Veronika.*

Irodalomjegyzék

- Betonkenu két kézzel – TDK dolgozat 2013; írta: **Salát Zsófia; Csapó Anna Viktória; Jánossy Dóra Anna**
- Jan G. M. van Mier: Fracture Processes of Concrete - October 25, 2012 by CRC Press
- <http://www.abandonedcountry.com/2013/05/06/kiptopekes-concrete-ships-a-long-journey-to-obscurity/> 2014. október 27. 00:54
- <http://www.betonkenu.hu/versenykiiras/> 2014. október 25. 11:16
- Kato, Akinori: Pier Luigi Nervi. Process Architecture Publ. Tokyo.